

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-211402

(43)Date of publication of application : 15.08.1997

(51)Int.Cl. G02F 1/035  
G02B 6/12

(21)Application number : 08-013672

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 30.01.1996

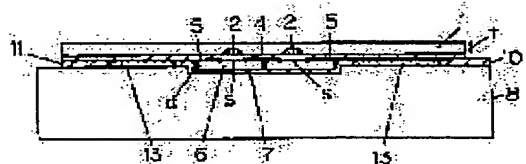
(72)Inventor : AGAWA MASAHIRO

## (54) BROAD-BAND LIGHT MODULATOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the reduction in modulation efficiency due to the existence of an SiO<sub>2</sub> buffer layer in a broad-band light modulator utilizing the electrooptic effect.

**SOLUTION:** In this modulator, a CPW(coplanar waveguide) electrode consisting of a central conductor 4 and an earth electrode 5 is formed on an LiNbO<sub>3</sub> substrate 1 provided with an optical waveguide 2 is supported on a supporting plate 8 provided with a recessed part used for forming an air layer 6. Therefore, the thickness of the LiNbO<sub>3</sub> substrate 1 can be reduced and also, the effective refractive index of a microwave can be reduced by the air layers on the both sides of the substrate 1. Thus, the need of using any SiO<sub>2</sub> buffer layer which may cause reduction in electric field strength can be eliminated and also, the driving voltage can be reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 26.11.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-211402

(43) 公開日 平成9年(1997) 8月15日

(51) Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 F 1/035

G 0 2 F 1/035

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平8-13672

(22) 出願日

平成8年(1996) 1月30日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 阿河 昌弘

香川県高松市古新町8番地の1 松下寿電

子工業株式会社内

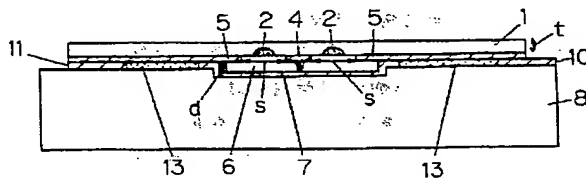
(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 広帯域光変調素子

(57) 【要約】

【課題】 電気光学効果を利用した広帯域光変調素子に関し、 $\text{SiO}_2$  バッファ層の存在による変調効率の悪化を改善する。

【解決手段】 光導波路2を備えた  $\text{LiNbO}_3$  基板1上に、中心導体4とアース電極5からなるCPW電極を形成する。これを空気層6を形成するように凹部を設けた支持基板8で支持する。このため  $\text{LiNbO}_3$  基板1を薄くでき、基板1両側の空気層によってマイクロ波の実効屈折率を低下させる。これにより電界を減少させる  $\text{SiO}_2$  バッファ層が必要なくなり、駆動電圧を低くできる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光導波路とマイクロ波を伝搬する進行波電極線路とを形成した電気光学材料基板と、前記光導波路及び進行波電極線路に対向する位置に凹部を形成した支持基板とを有し、前記電気光学材料基板は、前記支持基板との間に前記凹部による空気層が形成されるよう支持され、前記電気光学材料基板の他表面は空気中に開放されるよう構成したことを特徴とする広帯域光変調素子。

【請求項2】電気光学材料基板を単結晶成長による単結晶薄膜とし、支持基板を、その基板上で前記単結晶成長による単結晶薄膜の形成が可能となるように格子整合を行った単結晶支持基板で構成したことを特徴とする請求項1記載の広帯域光変調素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気光学効果を利用した広帯域光変調素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】電気光学効果を利用した光変調素子を広帯域化するには、進行波電極線路を伝搬するマイクロ波と、光導波路を伝搬する光との位相速度整合や、前記マイクロ波と外部回路とのインピーダンス整合を図ることが重要となる。このため従来より、 $\text{SiO}_2$ パッファ層と、厚膜電極とを組み合わせて構成することが有効であると考えられている。

【0003】このような光変調素子として、例えば特開平4-269706号公報に記載されたものを図6及び図7に示す。図6はその平面図であり、図7は図6に示すB-B線での断面図である。

【0004】図において、マッハツェンダー干渉形の光導波路2をその表面近傍に埋設したZカットの $\text{LiNbO}_3$ 基板1は、少なくとも $100\mu\text{m}$ の厚さを有している。この $\text{LiNbO}_3$ 基板1の表面には、 $\text{SiO}_2$ パッファ層3を介して、中心導体4とアース導体5からなるCPW（コプレーナウェーブガイド）進行波電極が形成されている。これらCPW電極上には、空気層6を形成するようにシールド電極7が設けられ、アース導体5と接続している。

【0005】以上のように構成された広帯域光変調素子の動作を説明する。外部のマイクロ波発信源から、 $\text{LiNbO}_3$ 基板1上のCPW電極に駆動電力を供給すると、中心導体4とアース導体5の間に電界が発生し、 $\text{LiNbO}_3$ 基板1は、電気光学効果によってその屈折率が変化する。これにより2本に分岐した光導波路2の伝搬光に位相差が発生するため、合波部でこれらの光が干渉し、ここでの位相差量の変化に応じて光強度を変調することができる。

【0006】この光変調素子を広帯域化するためには、進行波電極線路を伝搬するマイクロ波と、光導波路を伝搬する光との位相速度整合が必要である。このためには

伝搬するマイクロ波の実効屈折率と、伝搬する光の実効屈折率とを等しくすれば良い。そこで上記従来の構成においては、低誘電率の $\text{SiO}_2$ パッファ層3と、シールド電極7、中心導体4、アース導体5で挟まれた空気層6とによって、マイクロ波の実効屈折率を低下させて位相速度を向上させ、光導波路を伝搬する光との位相速度整合を図っている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の光変調素子は、その強度すなわち剛性を保つために、 $\text{LiNbO}_3$ 基板を厚くして、その基板の上部にCPW電極を形成した構成となっている。このように $\text{LiNbO}_3$ 基板が厚い構成において、マイクロ波の実効屈折率を低下させるためには、 $\text{LiNbO}_3$ 基板とCPW電極との間に、 $1\mu\text{m}$ 余りの膜厚の $\text{SiO}_2$ パッファ層を形成することが必要不可欠であった。

【0008】しかしながら $\text{SiO}_2$ パッファ層は、その内部で電界を減少させるため、CPW電極に加える電力を大きくしてやらなければならない、変調効率が低下するという問題があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために本発明は、光導波路と進行波電極線路とを形成した電気光学材料基板を、凹部を形成した支持基板により支持することにより、前記電気光学材料基板と支持基板との間に、前記凹部による空気層を形成するとともに、前記電気光学材料基板の他表面は、空気中に開放されるよう構成したことを特徴としている。

【0010】これにより電気光学材料基板を薄く構成して、 $\text{SiO}_2$ パッファ層による電界の減少という問題を改善し、動作電圧の低い効率的な広帯域光変調素子を実現することを目的とする。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、光導波路とマイクロ波を伝搬する進行波電極線路とを形成した電気光学材料基板と、前記光導波路及び進行波電極線路に対向する位置に凹部を形成した支持基板とを有し、前記電気光学材料基板は、前記支持基板との間に前記凹部による空気層が形成されるよう支持され、前記電気光学材料基板の他表面は空気中に開放されるよう構成したことを特徴とするものである。

【0012】この構成により、光変調素子の強度すなわち剛性を支持基板により保つ様になっているので、電気光学材料基板を薄く構成することができる。このため電気光学材料基板の両側に存在する空気層により、マイクロ波の実効屈折率を低下させることができる。よって $\text{SiO}_2$ パッファ層を設けなくとも、あるいはパッファ層を設けたとしても従来に比べ非常に薄くすることができ、このパッファ層による電界の減少の問題を改善することができる。

【0013】本発明の請求項2に記載の発明は、電気光学材料基板を単結晶成長による単結晶薄膜とし、支持基板を、その基板上で前記単結晶成長による単結晶薄膜の形成が可能となるように格子整合を行った単結晶支持基板で構成したことを特徴とする請求項1記載の広帯域光変調素子にある。この構成によれば、上記請求項1のものに比べ、電気光学効果を持つ単結晶基板の厚さを上述のものよりさらに薄くできることから、動作電圧をさらに低くできるという作用を有する。

【0014】以下に、本発明の請求項1に記載された本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。図1は、本発明の一実施の形態における広帯域光変調素子の断面図を示しており、図2(a)、(b)はこの広帯域光変調素子を構成する2枚の基板の平面図をそれぞれ示しており、図2のA-A線及びA'-A'線の位置が図1の断面図に対応している。

【0015】図において、zカットのLiNbO<sub>3</sub>基板1の表面近傍には、光導波路2を埋設してあり、またその表面には、CPW電極を構成する中心導体4と、アース導体5とを形成している。このLiNbO<sub>3</sub>基板1の平面図は、図2(a)に示す通りとなる。

【0016】8は例えばガラスからなる支持基板であり、その中央部には、LiNbO<sub>3</sub>基板1との間に空気層6を形成するための凹部12を設けている。この凹部12の表面にはシールド電極7を形成している。この支持基板8表面の一側方には、図2(b)の平面図にも示すように、LiNbO<sub>3</sub>基板1を対向して貼り合わせたときに、その中心導体4及びアース導体5にそれぞれ接続される中心導体9及びアース導体10を形成している。また他側方には、LiNbO<sub>3</sub>基板1と貼り合わせたときのスペーサとなる金属膜11を形成している。なお13は、LiNbO<sub>3</sub>基板1と支持基板8のそれぞれの電極間の接続を保ちながら、両基板を接着するための接着剤である。

【0017】上記構成においては、支持基板8により光変調素子の強度すなわち剛性を保っており、LiNbO<sub>3</sub>基板1は、支持基板8に貼り合わせた後に、研磨するなどして薄く構成している。このため進行波電極線路を伝搬するマイクロ波は、支持基板8との間の空気層6と、LiNbO<sub>3</sub>基板1上方の空気とにより、実効屈折率を低下させて、光導波路を伝搬する光との位相速度の整合を達成することができる。

【0018】このように本実施の形態によれば、従来のようにSiO<sub>2</sub>バッファ層を用いず、空気層によりマイクロ波の実効屈折率を低下させているため、上記バッファ層により電界が減少するという問題は生じない。このためCPW電極に加える電力も小さくてよく、変調効率が増大する。

【0019】参考のため、図3にLiNbO<sub>3</sub>基板1の厚さに対する、CPW進行波電極を伝搬するマイクロ波

の実効屈折率と、特性インピーダンスの理論計算結果の一例を示す。上側の実線が実効屈折率 $n_e$ を、下側の破線が特性インピーダンス $Z_c$ を示している。ここではCPW電極の中心導体幅 $w$ を $1.4\mu\text{m}$ 、導体間隔 $s$ を $2.5\mu\text{m}$ 、支持基板8の凹部の深さ $d$ を $1.2\mu\text{m}$ 、各電極の厚さを全て $1\mu\text{m}$ として計算している。

【0020】図4から判るように、LiNbO<sub>3</sub>基板1の厚さ $t$ が $7\mu\text{m}$ のときに、マイクロ波の実効屈折率 $n_e$ が光導波路を伝搬する光の実効屈折率 $n_o$ と一致し、特性インピーダンスも $50\Omega$ となることが判る。つまりこの時マイクロ波と光の速度整合が達成でき、SiO<sub>2</sub>バッファ層の無い広帯域光変調器を実現できる。

【0021】図4は、LiNbO<sub>3</sub>基板1の厚さ $t$ を0から $500\mu\text{m}$ まで変化させた場合のマイクロ波の実効屈折率 $n_e$ と特性インピーダンス $Z_c$ の理論計算結果である。LiNbO<sub>3</sub>基板1の厚さ $t$ が $100\sim 500\mu\text{m}$ の間では、マイクロ波の実効屈折率 $n_e$ 及び特性インピーダンス $Z_c$ は共に殆ど変化しないが、 $100\mu\text{m}$ 以下では急激に変化している。つまり、基板1の厚さ $t$ が $100\mu\text{m}$ 以下において、本発明の構成の効果が現れることが判る。

【0022】なお上述の構成ではシールド電極7を備えた構成を示しているが、これは必ずしも必要ではなく、CPW電極の中心導体幅 $w$ や導体間隔 $s$ 、LiNbO<sub>3</sub>基板1の厚さ $t$ 、支持基板8の凹部の深さ $d$ を調整することによって、マイクロ波と光の速度整合を達成することができる。

【0023】また、zカットLiNbO<sub>3</sub>基板であっても同様に構成することができる。この場合は、光導波路を伝搬する光が電極によって減衰することを抑制するため、基板と電極間に少なくとも $0.15\mu\text{m}$ 程度のSiO<sub>2</sub>バッファ層を介在させることが必要となる。しかしながらこのバッファ層の厚さは、従来のものに比べ $1/10$ 程度と大幅に薄いので、動作電圧を大きく低下させることができ、変調効率を改善することができる。

【0024】次に本発明の他の実施の形態を図5に示す。14は電気光学材料により、単結晶成長を行って形成したLiNbO<sub>3</sub>単結晶薄膜であり、15はLiNbO<sub>3</sub>単結晶成長が可能となるように格子整合を行ったLiTaO<sub>3</sub>単結晶支持基板である。

【0025】この光変調素子の作成手順は、単結晶支持基板15上にLiNbO<sub>3</sub>単結晶薄膜14の単結晶成長を行い、さらにリッジ加工等の手法で光導波路2を作成する。そしてCPW電極4、5をスパッタリングや蒸着によって形成した後、光導波路2下方のLiTaO<sub>3</sub>単結晶支持基板15をエッチングすることにより空気層6を形成している。

【0026】この構成によれば、電気光学効果を持つ単結晶基板の厚さを上述のものよりさらに薄くできることから、CPW電極の導体間隔を小さくすることができ、

(4)

特開平9-211402

5

動作電圧をさらに低くすることができる。

【0027】

【発明の効果】以上の様に本発明によれば、 $\text{SiO}_2$ バッファ層を無くすことができ、あるいは介在させるとしても従来のものに比べて非常に薄くてよいため、電界の減少という問題を改善でき、動作電圧の低い効率的な光変調素子を実現できる。また $\text{SiO}_2$ バッファ層を介在させないことにより、これに起因するDCドリフトの問題も無くなる。さらに従来のように電極を厚膜に構成しなくても、光とマイクロ波の位相整合を行えるので、電極形成がより簡単になる。

【図面の簡単な説明】

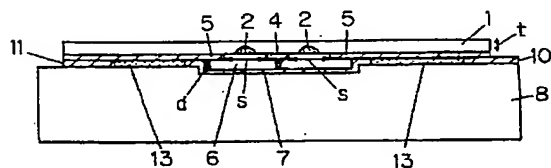
【図1】本発明の実施の形態を示す広帯域光変調素子の断面図

【図2】同素子を構成する各基板の平面図

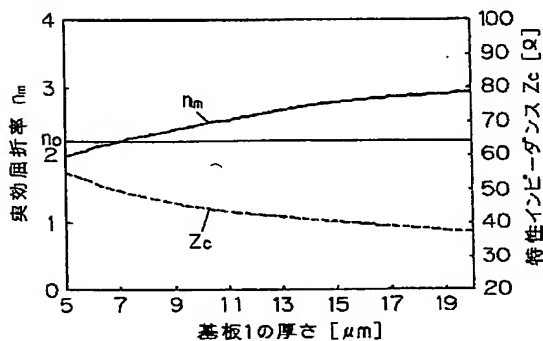
【図3】マイクロ波の実効屈折率及び特性インピーダンスを示すグラフ

【図4】マイクロ波の実効屈折率及び特性インピーダンス\*

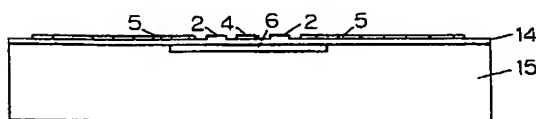
【図1】



【図3】



【図5】



6

\* スを示すグラフ

【図5】本発明の他の実施の形態を示す広帯域光変調素子の断面図

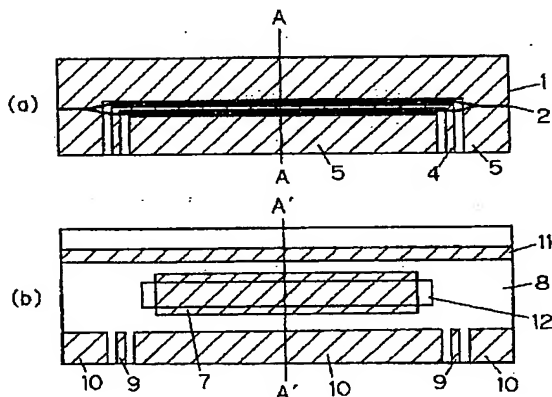
【図6】従来の広帯域光変調素子を示す平面図

【図7】同素子の断面図

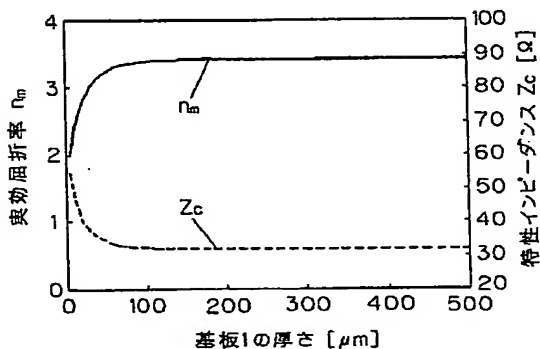
【符号の説明】

- 1  $\text{LiNbO}_3$  基板
- 2 光導波路
- 3  $\text{SiO}_2$  バッファ層
- 4, 9 中心導体
- 5, 10 アース導体
- 6 空気層
- 7 シールド電極
- 8 支持基板
- 12 凹部
- 14  $\text{LiNbO}_3$  単結晶薄膜
- 15  $\text{LiTaO}_3$  単結晶支持基板

【図2】



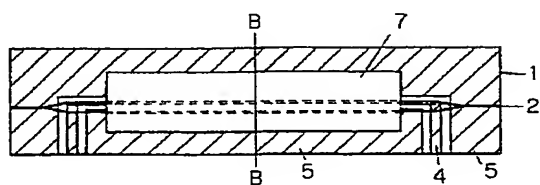
【図4】



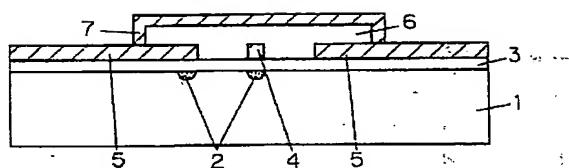
(5)

特開平9-211402

【図6】



【図7】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
【部門区分】第6部門第2区分  
【発行日】平成13年2月9日(2001. 2. 9)

【公開番号】特開平9-211402  
【公開日】平成9年8月15日(1997. 8. 15)  
【年通号数】公開特許公報9-2115  
【出願番号】特願平8-13672  
【国際特許分類第7版】

G02F 1/035

G02B 6/12

【F I】

G02F 1/035

G02B 6/12 J

【手続補正書】

【提出日】平成12年1月12日(2000. 1. 12)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】しかしながらSiO<sub>2</sub>バッファ層は、その内部で電界を増加させ、結果として光導波路内部の電界を減少させるため、CPW電極に加える電力を大きくしてやらなければならない、変調効率が低下するという問題があった。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】これにより電気光学材料基板を薄く構成して、SiO<sub>2</sub>バッファ層の存在による光導波路内の電界の減少という問題を改善し、動作電圧の低い効率的な広帯域光変調素子を実現することを目的とする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】この構成により、光変調素子の強度すなわち剛性を支持基板により保つ様になっているので、電気光学材料基板を薄く構成することができる。このため電気光学材料基板の両側に存在する空気層により、マイクロ波の実効屈折率を低下させることができる。よってSi

O<sub>2</sub>バッファ層を設けなくとも、あるいはバッファ層を設けたとしても従来に比べ非常に薄くすることができ、このバッファ層による光導波路内の電界の減少の問題を改善することができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】このように本実施の形態によれば、従来のようにSiO<sub>2</sub>バッファ層を用いず、空気層によりマイクロ波の実効屈折率を低下させているため、上記バッファ層により光導波路内の電界が減少するという問題は生じない。このためCPW電極に加える電力も小さくてよく、変調効率が向上する。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】

【発明の効果】以上の様に本発明によれば、SiO<sub>2</sub>バッファ層を無くすことができ、あるいは介在させるとしても従来のものに比べて非常に薄くてよいので、光導波路内の電界の減少という問題を改善でき、動作電圧の低い効率的な光変調素子を実現できる。またSiO<sub>2</sub>バッファ層を介在させないことにより、これに起因するDCドリフトの問題も無くなる。さらに従来のように電極を厚膜に構成しなくても、光とマイクロ波の位相整合を行えるので、電極形成がより簡単になる。